

課題番号 : F-19-UT-0157
利用形態 : 共同研究
利用課題名(日本語) : プログラマブル微小体向け静電マイクロアクチュエータとワンチップ高電圧太陽電池
Program Title (English) : Electrostatic Microactuator and One-chip High Voltage Photovoltaic for Programmable Small Objects
利用者名(日本語) : ¹⁾宇佐美尚人、²⁾ロマン カトリ、²⁾アブデンビ モハント＝ウサイド、²⁾ブノワ ピランダ、²⁾ジュリアン ブルジョワ
Username (English) : ¹⁾N. Usami, ²⁾Romain Catry, ²⁾Abdenbi Mohand-Ousaid, ²⁾Benoit Piranda, ²⁾Julien Bourgeois
所属名(日本語) : ¹⁾東京大学大学院工学系研究科 ²⁾仏フランシュコムテ大学
Affiliation (English) : ¹⁾School of Engineering, The Univ. of Tokyo, ²⁾Univ. of Franche-Comté, France
キーワード/Keyword : 成膜・膜堆積、CMOS-MEMS、深掘り RIE、Programmable Matter

1. 概要(Summary)

センサ、プロセッサ、マイクロアクチュエータと電源を内蔵した、同一構成のエージェントを多数環境に配置し、それらがお互いに着脱を行うことで、大型構造体の形状構成を自律分散的に変化させる「Programmable Matter」という概念がある[1]。これを、直径 5mm 未満の自律型マイクロ素子 (Catom と呼ぶ) で実現する世界初の試みに挑戦している。高電圧を生成する太陽電池を静電アクチュエータと集積することで Catom 同士を着脱する手法を構想しており、原理検証用のデバイスを試作した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置、マスク・ウエーハ自動現像装置群、光リソグラフィ装置、レーザー直接描画装置、8 インチ汎用スパッタ装置、汎用 ICP エッチング装置、高速シリコン深掘りエッチング装置、クリーンドラフト潤沢超純水付、パリレンコーター、形状・膜厚・電気評価装置群、ステルスダイサー、

【実験方法】

静電引力検証用 MEMS デバイス : 熱酸化シリコンウエーハ (共同購入消耗品) 上に、8 インチ汎用スパッタ装置によって Al-Si 電極膜を $1\mu\text{m}$ 程度製膜した。高速大面積電子線描画装置、及びマスク・ウエーハ自動現像装置群によってあらかじめ作製しておいたフォトマスクを使用して、光リソグラフィ装置 MA-6 によって楕形電極パターンを露光し、ドラフトチャンバー内で現像、エッチングを行い楕歯状の電極パターンを構成、ステルスダイサーによってチップ状に切り

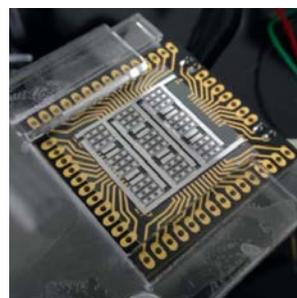


Fig.1: Fabricated electrostatic actuator array chip

出した (図 1)。

高電圧生成太陽電池: 過去の報告書 F-15-UT-0150 にある手法通り、東大 VDEC (現 d.lab) を通じた相乗り集積回路試作スキームにより、P-N 接合ダイオードを 100 個以上直列に接続した LSI 基板を Silicon on Insulator (SOI) 上に作製し、東大拠点においてリソグラフィ、深掘り RIE によりダイオードをメサ状に絶縁することで直列ダイオードを形成した。前報告書からの進展は、レーザー直接描画装置によって位置合わせ描画を行うことで、フォトマスクによらずともリソグラフィができるようになったことである。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

作製した電極チップをワイヤボンダーによりプリント基板に接続、電源を供給した。パリレン絶縁膜を製膜したシリコンチップを静電引力で吸い付け、電圧を下げているとチップが落下する時点の電圧から求められる静電引力がチップの重力と等しいとして測定した。結果電圧の二乗に比例した静電引力が発生することが確かめられた。太陽電池では、2014 年に作製したデバイスと同様に、曲線因子 (FF) 75% を超える高い性能指数を持ち、しかもシリコン単体では絶対に不可能な高電圧 (解放電圧 80V) を生成することが確かめられた。更に、Programmable Matter の殻の内部に埋め込めるように、正方形の LSI チップからス

テルスダイサーを用いて8角形(いわゆる装飾用のダイヤモンドを横から見た形状)にカットしたチップでも動作することが確かめられた。今後、得られたデバイスを共同研究先に送付し、制御部分とのかみ合わせ試験を行う。

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

[1] Seth Copen Goldstein, Jason Campbell, Todd C. Mowry, “Programmable Matter”, *IEEE Computer*, **38** (6). pp. 99–101 (June 2005).

・競争的資金名。

日本学術振興会特別研究員奨励費 18J10240

French ANR-16-CE33-0022

・共同研究者

三角啓、三田吉郎(東京大学)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許(Patent)

なし